



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **07065993 A**(43) Date of publication of application: **10.03.95**

(51) Int. Cl.

H05H 1/46**C23C 14/35****C23C 16/50****C23F 4/00**(21) Application number: **05228331**(71) Applicant: **ANELVA CORP**(22) Date of filing: **20.08.93**(72) Inventor: **IKEDA KEI**(54) **MICROWAVE DISCHARGE REACTION DEVICE
WITH MAGNETIC FIELD**

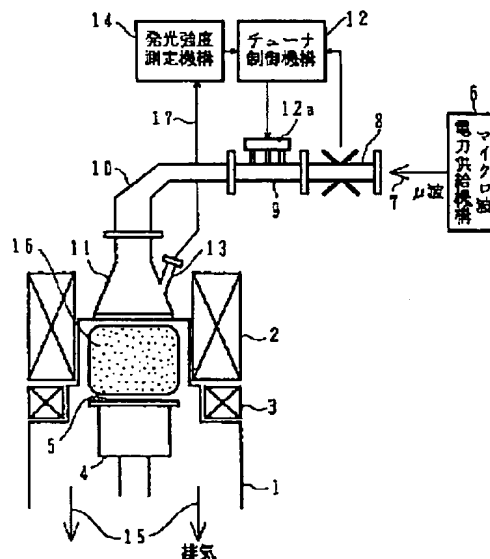
intensity is lessened.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO

(57) Abstract:

PURPOSE: To maintain electric discharge of high stableness by adjusting the matching condition of a microwave power supply system, lessening fluctuation of the light emission intensity, and measuring the light emission intensity of plasma.

CONSTITUTION: The light emission intensity of plasma 16 is measured by an intensity measuring mechanism 14 by taking out the emitted light from a takeout port 13 in a microwave lead-in part 11 through an optical cable 17. The locations of mounting sensor (s) and/or optical fiber 17 to measure the intensity are either outside or inside a vacuum vessel 1. The information on the intensity of the plasma 16 in the vessel 1 obtained by the mechanism 14 is sent to a tuner control mechanism 12 and used in adjustment control of a tuner 9, and the matching condition of a microwave waveguide path 10 in the microwave power supply system is adjusted and controlled. The matching condition is adjusted by control means 12, 12a by the mechanism 14 and on the basis of output signal therefrom, and fluctuation of the



(11)特許出願公開番号

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 内部が減圧状態に保持され、プラズマ処理室を含む真空容器と、この真空容器にガスを導入するガス導入機構と、前記プラズマ処理室に磁場を生成する磁場発生機構と、基板を支持する基板支持機構と、前記真空容器の内部にマイクロ波を供給するマイクロ波電力供給系を備え、発生したプラズマで前記基板を処理する有磁場マイクロ波放電反応装置において、前記プラズマ処理室で発生する前記プラズマの発光強度を測定するための発光強度測定手段と、この発光強度測定手段の出力信号に基づき前記発光強度のゆらぎが小さくなるように前記マイクロ波電力供給系におけるマイクロ波導波路の整合状態を調整する制御手段とを有することを特徴とした有磁場マイクロ波放電反応装置。

【請求項 2】 請求項 1 記載の有磁場マイクロ波放電反応装置において、前記制御手段は、発光強度測定手段で得られる前記発光強度の振幅に関する信号を整合度監視光信号として用い、かつパワーモニタで得られる反射電力の振幅を整合度表示信号として用いて、予め設定した値よりも前記整合度監視光信号の値が大きくなったときに自動整合機能を発揮する調整手段を含むことを特徴とする有磁場マイクロ波放電反応装置。

【請求項 3】 請求項 1 記載の有磁場マイクロ波放電反応装置において、前記発光強度測定手段のサンプリング周波数が 100 Hz から 10 MHz の範囲に含まれることを特徴とする有磁場マイクロ波放電反応装置。

【請求項 4】 請求項 3 記載の有磁場マイクロ波放電反応装置において、プラズマを連続して生成している間に、前記発光強度のゆらぎがある程度以上大きくならないように、前記マイクロ波導波路の整合状態を調整する修正手段を有することを特徴とする有磁場マイクロ波放電反応装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は有磁場マイクロ波放電反応装置に関し、特に、ドライエッチング装置、プラズマ CVD 装置、スパッタリング装置、表面改質装置に適した有磁場マイクロ波放電反応装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、マイクロ波と磁場との相互作用を応用した薄膜処理装置として各種反応装置が知られる。LSI 製造工程におけるウェハの表面処理等の分野では、電子サイクロトロン共鳴 (ECR) プラズマを利用したマイクロ波放電反応装置が広く用いられるようになってきた。

【0003】 次に、図 5 を参照して、従来のマイクロ波放電反応装置の構成例を簡単に説明する。図 5 は従来のマイクロ波放電反応装置の要部縦断面図であり、一例として前述の ECR プラズマを利用する装置を示す。図 5 に示すマイクロ波放電反応装置は、図示しない排気機構

によって排気されること (矢印 15) により内部が減圧状態に保持されかつ当該内部に基板 5 を支持する基板支持機構 4 を備える真空容器 1 と、マイクロ波電力供給機構 6 と、マイクロ波 (μ 波) 7 のパワーモニタ 8 およびチューナ 9 と、マイクロ波を真空容器 1 内に導入する導波管 10 および導入部 11 と、真空容器 1 の内部空間に磁場を形成する主コイル 2 および補助コイル 3 とを備える。マイクロ波電力供給機構 6 により導入されたマイクロ波と両コイル 2, 3 により形成された磁場との相互作用により真空容器 1 内にプラズマ 16 が生成され、このプラズマ 16 によって基板支持機構 4 上の基板 5 が処理される。チューナ 9 には、パワーモニタ 8 の出力信号を入力するチューナ制御機構 31 が付設されている。なお図 5 では、ガス導入機構、排気機構、マイクロ波のアイソレータ等の図示を、説明の便宜上および本発明の要旨との関係上、省略している。

【0004】 有磁場のマイクロ波放電反応装置を動作させるには、真空容器 1 の内部を排気機構により所要の真空状態にした後、ガス導入機構から所定ガスを真空容器 1 内に導入する。このときの圧力は、通常 $10^{-2} \sim 10^{-6}$ Pa 程度とすることが望ましい。さらに、主コイル 2 と補助コイル 3 に所定の電流を流し、真空容器 1 内に所定の磁場を形成する。このような条件の下で真空容器 1 内にマイクロ波を供給し、有磁場マイクロ波放電を発生させる。基板支持機構 4 に支持された基板 5 は上記作用により発生したプラズマ 16 により処理される。この際、供給されるマイクロ波の整合状態はチューナ制御機構 31 およびチューナ 9 によって反射電力が最小となるように調整される。

【0005】

【課題を解決するための手段】 上記の有磁場マイクロ波放電反応装置では、従来、放電状態の制御方法として反射電力を最小にするように調整を行い、これによりマイクロ波電力供給機構 6 から供給されたマイクロ波の大部分の電力が真空装置 1 内に供給されていた。しかしながら、プラズマの安定性を得るためには、単に反射電力が小さいだけでは不十分であり、主コイル 2 と補助コイル 3 の各電流値とマイクロ波のパワー、および真空容器 1 の内部圧力などの諸条件によって放電が不安定になることがあるという問題があった。さらに大量の基板を処理することに関しては放電の不安定性のために、再現性にも影響を及ぼすという問題が生じていた。

【0006】 本発明の目的は、大量の基板を処理する場合に、安定性の高い放電を維持し、かつ再現性のある有磁場マイクロ波放電反応装置を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】 本発明に係るマイクロ波放電反応装置は、内部が減圧状態に保持され、プラズマ処理室を含む真空容器と、この真空容器にガスを導入するガス導入機構と、プラズマ処理室に磁場を生成する磁

場発生機構と、基板を支持する基板支持機構と、真空容器の内部にマイクロ波を供給するマイクロ波電力供給系を備え、さらに、プラズマ処理室で発生するプラズマの発光強度を測定するための発光強度測定手段と、この発光強度測定手段の出力信号に基づき発光強度のゆらぎが小さくなるようにマイクロ波電力供給系におけるマイクロ波導波路の整合状態を調整する制御手段とを有する。

【0008】前記の構成において、好ましくは、制御手段は、発光強度測定手段で得られる発光強度の振幅に関する信号を整合度監視光信号として用い、かつパワーモニタで得られる反射電力の振幅を整合度表示信号として用いて、予め設定した値よりも整合度監視光信号の値が大きくなったときに自動整合機能を発揮する調整手段を含む。

【0009】前記の構成において、好ましくは、発光強度測定手段のサンプリング周波数が100Hzから10MHzの範囲（周期では0.1μsec～10msecの範囲）に含まれることを特徴とする。

【0010】前記の構成において、好ましくは、プラズマを連続して生成している間に、発光強度のゆらぎがある程度以上大きくならないように、マイクロ波導波路の整合状態を調整する修正手段を有する。

【0011】

【作用】本発明による有磁場マイクロ波放電反応装置では、真空装置内のプラズマ処理室で生成されるプラズマの発光強度を測定できる発光強度測定手段を設け、この発光強度測定手段で測定されるプラズマの発光強度に関する情報に基づき当該発光強度のゆらぎを小さくするようにマイクロ波導波路の整合状態を微調整するための機構を有することで、安定した放電を形成することを可能にする。またその結果、大量の基板を処理する場合において、再現性のよいプラズマ処理を行うことが可能となる。

【0012】

【実施例】以下に、本発明の実施例を添付図面に基づいて説明する。

【0013】図1は、本発明による有磁場マイクロ波放電反応装置の代表的な実施例を示す図である。図1において、図5で説明した要素と実質的に同一の要素には同一の符号を付している。1は有磁場マイクロ波放電反応室として使用される真空容器である。真空容器1は、図1中、内部構造を明らかにした断面図で示されている。2は真空容器1の内部空間の全体に磁場を発生させる主コイル、3は当該磁場の発生を補助する補助コイルである。補助コイル3は、基板の表面近傍の空間の磁場の分布状態を調整する。4は真空容器1の内部の下側に設置される基板支持機構であり、基板支持機構4の上には処理対象である基板5が配置される。6はマイクロ波電力供給機構であり、ここから出力されるマイクロ波（μ波）7はパワーモニタ8、チューナ9、マイクロ波導波

管10、マイクロ波導入部11を経由して真空容器1の内部空間に供給される。チューナ9は例えばスリースタブチューナであり、このチューナ9には、演算・制御機能部を有するチューナ制御機構12と、3つのスタブを有しチューナ制御機構12が出力する制御指令に基づきチューニングを行うスタブ機構12aとが付設されている。パワーモニタ8で検出された入射電力および反射電力に関する情報はチューナ制御機構12に供給される。またマイクロ波導入部11には、真空容器1内で発生するプラズマの発光状態に関する情報を取り出すための発光取出しポート13が設けられる。14は発光取出しポート13で取り出された発光の強度を測定するための発光強度測定機構である。

【0014】真空容器1には、その内部空間を所要の減圧状態にするための排気機構（図示せず）と、内部空間でプラズマを生成するのに使用される所定のガスを導入するためのガス導入機構（図示せず）を備えている。図1中の矢印15は、排気の方角を示す。なお図1において、主コイル2および補助コイル3に所定の電流を供給する電源等の図示を省略している。

【0015】上記の有磁場マイクロ波放電反応装置を動作させるには、真空容器1の内部を排気機構によって所要の真空状態にした後、ガス導入機構から所定のガスを真空容器1内に導入する。このときのガス圧力は通常 $10^{-2} \sim 10^{-6}$ Pa程度とすることが望ましい。さらに、主コイル2と補助コイル3に所定の電流を流し、真空容器1内に磁場を形成する。このような条件の下で真空容器1内にマイクロ波を供給し、有磁場マイクロ波放電を発生させる。16は有磁場マイクロ波放電で発生したプラズマを示している。基板支持機構4の上に支持された基板5はその上方空間に発生したプラズマ16によってその表面を処理される。

【0016】プラズマ16の発光強度は、発光をマイクロ波導入部11の発光取出しポート13から光ケーブル17を通して取り出すことにより、発光強度測定機構14によって測定される。測定される光の波長の範囲は、200nmから900nmの範囲であることが望ましい。発光強度の測定のために発光強度測定機構14に設けられたセンサとしては、例えばフォトダイオードである。なお、発光強度の測定を行うための光ファイバ17やセンサの取付け箇所は、真空容器1の外部に限ることなく、真空容器1の内部に設けることも可能である。

【0017】発光強度測定機構14で得られた真空容器1内のプラズマ16の発光強度に関する情報は、チューナ制御機構12に送られ、チューナ9における調整制御に使用される。制御の内容は、後述される。

【0018】図2において、プラズマ16の発光強度に関し、発光を検出するフォトダイオードの出力信号をオシロスコープに取り込んだ時に得られる出力波形の一例を示す。

【0019】図2(a)は、従来一般的に行われるマイクロ波の反射電力が小さくなるように調整した時の出力波形である。この波形例では、反射電力は小さいにもかかわらず、プラズマ16の発光強度にゆらぎが観測されており、その割合は、発光強度の最も強いときと弱いときの平均値からおよそ±30%の幅を持っている。このことは、反射電力がほとんど零であってもプラズマ16が不安定な状態であることを意味する。

【0020】上記の状態に対し、図2(b)の場合は、図2(a)の場合と同様にマイクロ波の反射波が十分に小さい条件においてチューナ9を微調整した結果得られる発光強度の出力波形の一例を示している。このときのゆらぎの割合は通常5%未満で、プラズマ16は非常に安定した放電状態を維持することができる。かかる微調整の方法は、本実施例のごとくチューナ9にスリースタブチューナを使用している場合には、各スタブ(後述するスタブA、B、C)を順番に所定の範囲で微動させ、各々の動作範囲において最もゆらぎが小さくなるように微調整を行う。以下において、微調整の手順を図3および図4を参照して詳述する。

【0021】図3はチューナ9を調整する場合の構成を概念的に示したブロック図である。図3において、前述のマイクロ波電力供給機構6はマイクロ波電源6Aとアイソレータ6Bを含む。マイクロ波電源6Aから出力されたマイクロ波は、アイソレータ6B、前述のパワーモニタ8とチューナ9等を通して真空容器1の内部に供給される。図3中、 \uparrow はマイクロ波の伝播方向を示す。かかるマイクロ波電力の供給系統に対して、前述のチューナ制御機構12および発光強度測定機構14が設けられる。図3において、 \rightarrow はパワーモニタ8から入射電力および反射電力の値がチューナ制御機構12へ与えられることを示し、 \odot は真空容器1内のプラズマ16の発光が発光強度測定機構14に取り込まれることを示し、 ∇ は発光強度測定機構14から発光強度振幅の値に関する情報が与えられることを示し、 \equiv はパワーモニタ8および発光強度測定機構14から送られた各信号に基づいてチューナ9を制御するための信号が与えられることを示す。なお、通常、スリースタブチューナを調整する場合において、整合状態(マッチング)の調整はステップモータを介してスタブの位置を移動させることにより行われる。

【0022】図4(a)は、スタブの位置とマイクロ波の反射電力の関係の一例を示し、図4(b)は、反射電力が最小になるように3つのスタブA、B、Cを調整し、そのときの基準位置(反射電力が最も小さくなる位置)を点線位置で揃えた場合の各スタブの移動距離と反射電力との関係を示したものである。

【0023】マイクロ波電力供給機構6の出口部分の導波管部に設けられたパワーモニタ8では、進行波および反射波の電力計が設けられる。反射電力の表示に関する

電圧値を整合表示の検出信号に用いる。スリースタブチューナ9による自動整合は、図4に示すような反射電力表示電圧とスタブ位置の相関性を利用して、次のように行われる。

【0024】図4(a)に示すように、例えば、スタブにおける位置x1において、スタブを微小振幅 Δx で振動させると、これに対応した反射電力振幅出力 ΔV が得られる。スタブの微小振幅中心位置をx1からx2の方向へ移動させると反射電力表示振幅がほとんど零となり、整合が取れる。スタブの微小振幅の中心位置をさらにx2からx3の方向へゆっくり移動させると、これに対応して反射電力表示振幅が次第に大きくなり、系が整合状態から遠ざかっていることが判定できる。このように、反射電力表示振幅 ΔV は系の整合状態を示すので、ここで「整合度表示信号」と定義する。この整合度表示信号が予め定められた値よりも小さくなるようにスタブの微小振幅の中心位置を移動させ、これによって自動整合が行われる。

【0025】通常スタブを移動させた場合、各々のスタブの移動距離に対する反射電力の生じ方は、図4(b)に示されるようにスタブごとに異なっているのが普通である。従って、整合状態の微調整を行う場合、あるいは一度整合がとれた状態から微調整を行う場合には、反射電力が生じにくいスタブから移動、調整を行うのが望ましい。すなわち図4(b)においては、スタブC→スタブB→スタブAの順序で調整を行うのが望ましい。

【0026】自動整合の機能は、常時動作させる必要はない。整合状態からのずれが予め設定された値を超えた場合に自動整合の機能が働くように構成することが望ましい。このために、本実施例の構成では、プラズマにおける発光強度のゆらぎを監視するようにした。図2に示すような発光強度の時間的変動スペクトルを利用して、サンプリング周波数が100Hz以上10MHz以下の範囲に含まれる成分の振幅を監視信号として用いる。発光強度振幅とスタブの中心位置の相関性は、図4に示す整合度表示信号とスタブの中心位置の相関性に非常に類似している。ただし、整合度表示信号 ΔV は、スタブの微小振動によって得られるのに対して、発光強度振幅はスタブの微小振動の有無と関係なく監視できる。そこで、本実施例では、発光強度振幅に関する信号を「整合度監視光信号」と定義する。そして、この整合度監視光信号の値が予め設定した値を越えた場合に、先に述べた場合と同様に自動整合の機能を動作させる。

【0027】フォトダイオードを発光強度測定機構14の中に含む構成例では、フォトダイオードの出力電圧が上記の整合度監視光信号として用いられる。また単に整合状態を調整した段階では、反射電力の値は小さくても、発光強度のゆらぎが大きく、安定した放電が得られるとは限らない。そこで放電は安定かつ低反射電力の状態に調整を行うためには、整合度監視光信号に基づき、

発光強度振幅が発光強度の平均値と比較して通常5%以内を目標として微調整を行う必要がある。

【0028】整合度監視光信号の値が予め設定した値を越えた場合、最初にスタブCの移動により調整を行う。移動範囲は、通常反射電力が投入電力の5%を超えない範囲とし、初めに移動させる方向は、移動距離に対する反射電力の生じ方が小さい側(図4(a)の場合、基準位置より右側)とする。反射電力が5%を超えても目標に達しなければ、移動させる方向を反転させ、目標を満足するスタブCの位置を探す。満足できる範囲が見つかった場合には、最も発光強度振幅の小さい位置に移動することが望ましい。もしも、スタブCの移動によって目標が満足されない場合は、スタブCは前ステップで移動させた範囲の中で最も発光強度振幅が小さくなる場所に移動させ、次に前述のスタブCと同様の移動方法でスタブBを移動させる。目標を満足する位置が見つかった場合、スタブBはその場所に固定した状態で、スタブCを再度移動させ、さらに発光強度振幅が小さくなる位置を探し、より安定な放電状態へと調整を行う。

【0029】さらに、スタブCおよびスタブBの移動で目標に達しない場合は、スタブCは前々ステップの移動範囲において最も発光強度振幅の小さかった位置に、またスタブBは、前ステップの移動範囲において最もゆらぎが小さくなる場所に移動させ、前ステップと同様にスタブA→スタブB→スタブCの順序で、発光強度振幅が小さくなるように調整を行う。

【0030】このような手順により、反射電力が十分小さくかつゆらぎが非常に小さくなるような安定した放電状態を確保することができる。また一連の操作は、各スタブの位置と、反射電力の値や発光強度振幅の値を記憶する手段を用いて、効率化を図ることも可能である。

【0031】なおここでは、発光強度の測定にフォトダイオードを利用した例を示したが、分光器等による発光強度測定においても同様の手続きにより処理できる。

【0032】また長期にわたって大量の基板を処理する場合には、チューナ制御機構12の中に修正手段を設けるようにする。この修正手段は、以下のようにフィードバックをかけることにより、大量の基板を再現性よく処理することを可能にする。すなわち、フォトダイオードの出力電圧の最大値と最小値をモニタし、発光強度振幅が発光強度の平均値に対して通常5%を超えた場合、微調整を行う。微調整の具体的な方法は、前述と同様の方法による。もし、ショットノイズのような突発的な変動が多く観測される場合においては、最大値と最小値の値をスムージングした値より求めることが望ましい。

【0033】上記実施例で明らかなように、整合状態の微調整を行う結果、非常に安定した放電を維持することが可能である。また上記手法により、基板を処理することによりプラズマ16の発光強度のゆらぎをモニタし、必要に応じて修正手段を設けこれによってチューナ9にフィードバックをかけることにより、大量の基板を再現性よく処理することが可能となる。

【0034】

【発明の効果】以上の説明で明らかなように本発明によれば、基板処理時に真空容器内に発生するプラズマの発光強度を測定できる発光強度測定機構を備え、かつ発光強度のゆらぎを小さくするようにプラズマ発生機構におけるマイクロ波導波路の整合状態を微調整する機構を付加するようにしたため、安定したプラズマ放電を形成することができる。また大量の基板を処理する場合に、修正手段を用いるようにしたため、再現性のよいプラズマ処理を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の代表的な実施例を示す一部断面構成図である。

【図2】本発明に係る有磁場マイクロ波放電反応装置で測定された発光強度測定結果の一例を示すオシロスコープの出力図である。

【図3】本発明におけるチューナに関する制御構成のブロック図である。

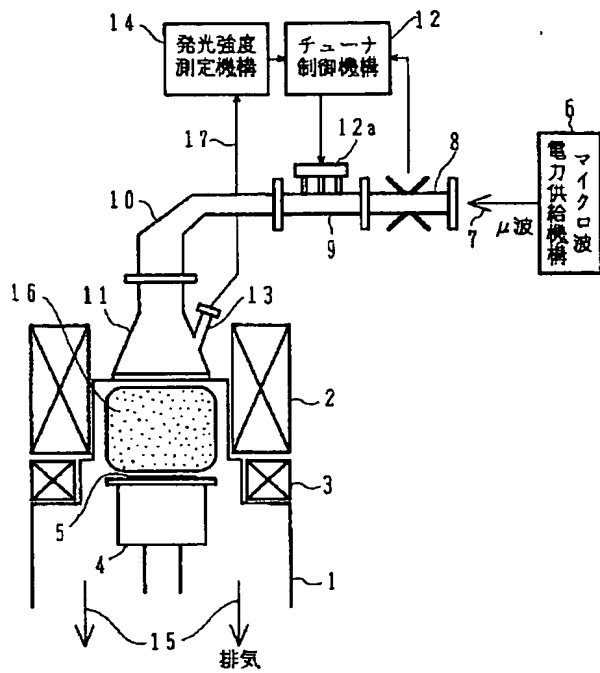
【図4】チューニングの微調整を行う場合のスタブの移動距離と反射電力との関係を示す図である。

【図5】従来装置の一例を示す一部断面構成図である。

【符号の説明】

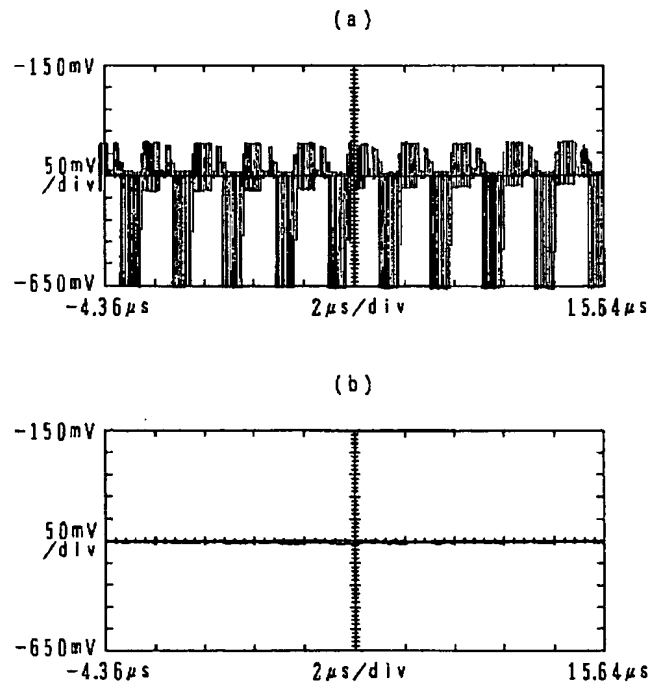
1	真空容器
2	主コイル
3	補助コイル
4	基板支持機構
5	基板
6	マイクロ波電力供給機構
7	マイクロ波
8	パワーモニタ
9	チューナ
10	マイクロ波導波管
11	マイクロ波導入部
12	チューナ制御機構
13	発光取出しポート
14	発光強度測定機構
16	プラズマ

【図1】

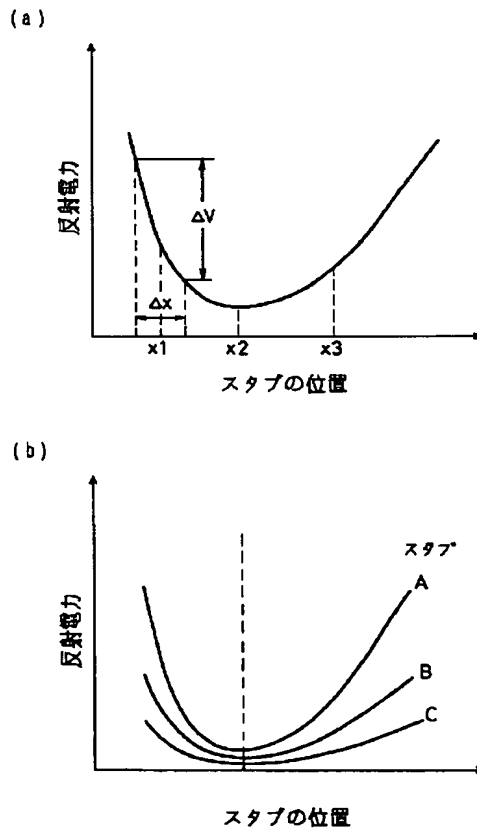


- | | |
|-----------|--------------|
| 1: 真空容器 | 8: パワーモニター |
| 2: 主コイル | 9: チューナ |
| 3: 補助コイル | 10: マイクロ波導波管 |
| 4: 基板支持機構 | 11: マイクロ波導入部 |
| 5: 基板 | 16: プラズマ |

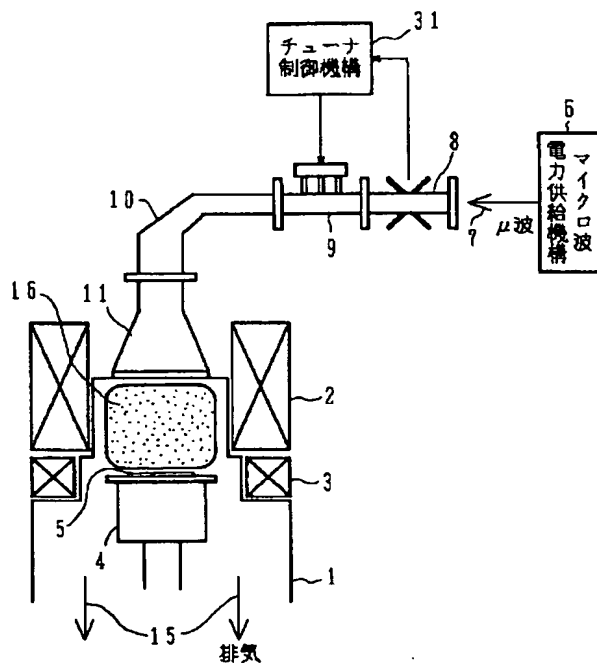
【図2】



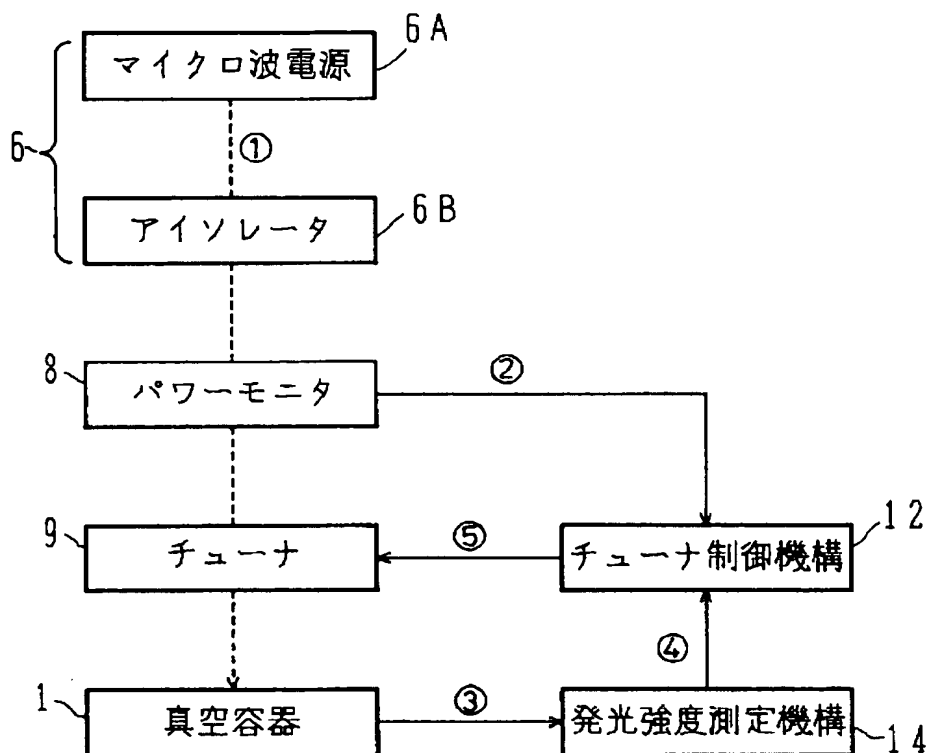
【図4】



【図5】



【図 3】



【手続補正書】

【提出日】平成 6 年 1 月 2 4 日

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 2 1

【補正方法】変更

【補正内容】

【0 0 2 1】図 3 はチューナ 9 を調整する場合の構成を概念的に示したブロック図である。図 3 において、前述のマイクロ波電力供給機構 6 はマイクロ波電源 6 A とアイソレータ 6 B を含む。マイクロ波電源 6 A から出力されたマイクロ波は、アイソレータ 6 B、前述のパワーモニタ 8 とチューナ 9 等を通して真空容器 1 の内部に供給される。図 3 中、①はマイクロ波の伝播方向を示す。かかるマイクロ波電力の供給系統に対して、前述のチュー

ナ制御機構 1 2 および発光強度測定機構 1 4 が設けられる。図 3 において、②はパワーモニタ 8 から入射電力および反射電力の値がチューナ制御機構 1 2 へ与えられることを示し、③は真空容器 1 内のプラズマ 1 6 の発光が発光強度測定機構 1 4 に取り込まれることを示し、④は発光強度測定機構 1 4 から発光強度振幅の値に関する情報が与えられることを示し、⑤はパワーモニタ 8 および発光強度測定機構 1 4 から送られた各信号に基づいてチューナ 9 を制御するための信号が与えられることを示す。なお、通常、スリースタブチューナを調整する場合において、整合状態（マッチング）の調整はステッピングモータを介してスタブの位置を移動させることにより行われる。